

Sveučilište u Zagrebu
Filozofski fakultet
Odsjek za lingvistiku

Filip Bašić

UTJECAJ FONOLOŠKIH POGREŠAKA NA PREPOZNAVANJE IZGOVORENE RIJEČI
Diplomski rad

Zagreb, 2013. godine
Sveučilište u Zagrebu
Filozofski fakultet
Odsjek za lingvistiku

Filip Bašić
UTJECAJ FONOLOŠKIH POGREŠAKA NA PREPOZNAVANJE IZGOVORENE RIJEČI
Diplomski rad

Mentor: dr. sc. Vlasta Erdeljac

Zagreb, 2013. godine

Sadržaj

1. UVOD	4
2. DEFINICIJA RIJEČI	5
3. PREPOZNAVANJE RIJEČI.....	6
3.1. PREPOZNAVANJE IZGOVORENE RIJEČI	9
3.1.1. JEDINICE U PREPOZNAVANJU IZGOVORENE RIJEČI.....	11
4. MODELI PREPOZNAVANJA RIJEČI.....	16
4.1. LOGOGENSKI MODEL	16
4.2. PRETRAŽIVAČKI MODEL	17
4.3. KOHORTNI MODEL	18
4.4. INTERAKTIVNI AKTIVACIJSKI MODEL	19
4.5. MODEL PARALELNE DISTRIBUCIJE	20
4.6. MODEL PREPOZNAVANJA IZGOVORENE RIJEČI	21
4.7. MODEL LEKSIČKOG PRISTUPA NA TEMELJU SPEKTRA (LAFS-model)	22
4.8. MODEL LEKSIČKOG PRISTUPA TEMELJEN NAAKUSTIČKIM ORIJENTIRIMA I DISTINKTIVNIM OBILJEŽJIMA	23
5. HIPOTEZE.....	29
6. ISTRAŽIVANJE.....	30
6.1. METODA	30
6.2. MATERIJAL	30
6.3. PROCEDURA	31
6.4. ISPITANICI.....	32
6.5. REZULTATI I RASPRAVA.....	32
7. ZAKLJUČAK	35
LITERATURA.....	37
PRILOG	40

1. UVOD

Auditivni i vizualni oblik dva su najčešća načina na koje ljudi primaju lingvističke informacije. Upravo je iz tog razloga vrlo vjerojatno da u ljudskom mozgu postoje dva mehanizma jezičnog procesiranja, jedan za razumijevanje izgovorenih i drugi za razumijevanje pročitanih lingvističkih podataka. U skladu s tim, logično je za pretpostaviti da postoje jasne razlike u načinu funkcioniranja ovih dvaju sustava za razumijevanje. Neke od tih razlika uvjetovane su samom prirodom signala koji prenosi informaciju: govor je kontinuiran i sekvencijalan, dok su elementi pisanog oblika diskretni i istovremeno prisutni. Druge razlike proizlaze iz psiholoških i neuroloških karakteristika slušnog i vidnog sustava. Međutim, percepcija govora kao i čitanje služe za razumijevanje jezika, pa je vjerojatno da oba sustava, unatoč svim razlikama, ipak imaju neke zajedničke karakteristike koje se zasigurno nalaze na značenjskoj razini procesiranja (Erdeljac, 2009).

S opravdanjem možemo pretpostaviti da prepoznavanje riječi predstavlja važnu stepenicu u izvođenju značenja i upravo je to trenutak u kojem se počinje razlikovati procesiranje vizualnih i auditivnih ulaznih podataka. U znanstvenim krugovima prevladava mišljenje da su na razinama procesiranja prije identifikacije riječi slušanje i čitanje dva neovisna sustava s različitim vrstama problema senzoričkog kodiranja (Spoehr, 1979; Besner, 1990).

Da bi se moglo reći da je neka riječ prepoznata, njezino značenje mora biti dohvaćeno te se mora uskladiti sa značenjima ostalih leksičkih jedinica istog iskaza kako bi se proizveo smisao, odnosno da bi se ostvarilo razumijevanje. Ali, iako ova dva sustava dolaze do točke leksičkog pristupa dvama sasvim različitim putovima, oni koriste istu semantičku komponentu mentalnog leksikona, sučeljavaju se s istim problemom lociranja informacija u tom spremištu i oba moraju složiti značenja pojedinačnih riječi u cjelinu.

Ovaj diplomski rad obuhvaća samo jedan modalitet jezičnog razumijevanja, točnije, samo jednu njegovu komponentu - govornu. Riječ je, naime, o utjecaju pogrešaka u govornom signalu na prepoznavanje izgovorene riječi. Novije teorije prepoznavanja riječi predlažu modele prema kojima se prepoznavanje govora odvija na temelju posebnih mjesta u spektru na koje se slušatelji oslanjaju u procesiranju govora, odnosno pretpostavljaju da slušatelji uopće ne procesiraju cijeli signal, nego samo neke njegove dijelove. Dakle, možemo pretpostaviti da su neki dijelovi signala informativniji od drugih. Cijela ideja ovakvog načina procesiranja govora potječe od Jakobsonovih distinktivnih obilježja.

Sam rad može se podijeliti na dva dijela: prvi dio čini teorijski okvir s pregledom relevantnih saznanja i modela u području prepoznavanja riječi, dok je u drugom dijelu opisano provedeno istraživanje kojim se nastojao opisati utjecaj pogreške u izgovoru na prepoznavanje riječi te povezati rezultate istraživanja s jednim od modela prepoznavanja riječi.

2. DEFINICIJA RIJEČI

Od početka moderne lingvistike (i prije) pa do danas bilo je mnogo pokušaja definiranja riječi. Ipak, za tako svakodnevnu i normalnu pojavu ni dan danas ne postoji nijedna potpuna definicija koja bi vrijedila u svim jezicima i kojoj ne bismo mogli pronaći nijedan prigovor. Stoga su lingvisti često davali definicije riječi koje su bile u skladu s njihovim zahtjevima i zadovoljavajuće unutar određenog teorijskog okvira. Unatoč svim problemima vezanim uz definiciju riječi, velik broj lingvista dijeli mišljenje "da je riječ neosporna, prirodna i empirijski potvrđena činjenica u jeziku" (Erdeljac, 1997, str. 8).

Definiranjem riječi podosta se bavio Leonard Bloomfield te je u svom nastojanju da definira riječ skovao dvije definicije koje se na studiju lingvistike često navode kao najbolji pokušaji definiranja riječi:

Riječ je niz slova otisnutih između dviju praznina.

i

Riječ je minimalna slobodna forma.

Ipak, obje definicije imaju svoje nedostatke. Prema prvoj definiciji mogli bismo zaključiti da bi netko tko ne govori nekim jezikom, na temelju praznina i slova između njih, bez problema mogao prepoznati pojedine riječi tog jezika. Takva nas definicija također navodi na pretpostavku da se bilo koji niz slova između dviju praznina može klasificirati kao riječ, što je, naravno, pogrešno. Drugi je prigovor ovoj definiciji taj da takva definicija vrijedi samo za alfabetski pisane jezike, a sasvim je očito da svaki čovjek (nepismeni ljudi također) ima neku predodžbu o tome što je riječ. Osim toga, pismo je sekundarna jezična manifestacija izvedena iz govora i ne postoji u svim jezicima. To se također vidi i po tome što djeca s normalnim jezičnim razvojem usvajaju govor spontano i bez problema, dok je za učenje pisanja i čitanja potrebno uložiti svjestan napor. Druga definicija temelji se na ideji da riječi u načelu nisu različite od morfema. Pojam *lingvistička forma* obično se definira kao smisljena (značenjska)

jedinica jezika" (Erdeljac, 1997, str. 9), a lingvističke forme, koje nisu djeljive na manje lingvističke forme, jednostavne su forme ili morfemi. Morfemi su najmanje značenjske jedinice, pa prema tome njihov smisao ne možemo izvesti iz manjih jedinica ili ih na njih podijeliti. Pod *slobodnom formom* podrazumijevamo lingvističke forme koje se ne moraju spajati s drugim lingvističkim formama, već one mogu stajati i samostalno. *Minimalna slobodna forma* je oblik koji može stajati sam kao iskaz ili rečenica. Ovakvoj bi se pak definiciji riječi moglo prigovoriti da ima ograničenu primjenu jer postoje jezični oblici, poput primjerice određenih članova *der, die, das* u njemačkom ili *the* u engleskom jeziku te neke druge funkcionalne riječi, koje ovakva definicija ne može opisati.

Definicije drugih autora često su mnogo detaljnije razrađene nego upravo ove dvije navedene te uključuju značenje, sintaktičku funkciju i glasovni ili grafemski oblik riječi koji su, prema mišljenju mnogih lingvista, tri temeljna elementa koja bi trebala biti sadržana u svakoj definiciji riječi. Kramskyeva definicija riječi¹ uključuje različite aspekte riječi (između ostaloga i tri temeljna), a često dobiva prednost pred drugima zbog toga što je dovoljno općenita i ostavlja prostora da se nadopuni prema potrebama pojedinih jezika.

3. PREPOZNAVANJE RIJEČI

I proizvodnja i razumijevanje jezika mogu imati svoj pisani i govoreni oblik. Zadaća slušanja ili čitanja sastoji se u tome da se iz vizualnog ili glasovnog oblika izvede značenje. Da bi to bilo moguće, ulazne auditivne ili vizualne informacije moraju u mentalnom leksikonu aktivirati pohranjeno znanje o riječima koje su njima prikazane (Erdeljac, 2009).

Istraživanja o razumijevanju jezika, koje je uz proizvodnju jezika jedna od središnjih tema u psiholingvistici, bave se procesima koji se odvijaju u ljudskom mozgu u trenutku kada čujemo ili vidimo neki iskaz te procesima koji nam omogućavaju da taj iskaz shvatimo. Drugim riječima, razumijevanje jezika zahtijeva izdvajanje sadržaja ulaznih rečenica i stvaranje mentalnih reprezentacija situacija na koje se one odnose. Razumijevanje je, dakle, aktivan proces u kojem primatelj nastoji adekvatno interpretirati primljenu poruku. Za ispravnu interpretaciju jezične poruke potrebno je poznavanje unutarnje jezične strukture kao i pristup različitim, relativno čvrsto strukturiranim jezičnim i izvanjezičnim podacima u koje

¹ "The word is the smallest independent unit of language referring to a certain extralinguistic reality or to a relation of such realities and characterized by certain formal features (acoustic, morphemic) either actually (as an independent component of the context) or potentially (as unit of the lexical plan)." (Kramsky, 1972, str. 67)

se ubrajaju, primjerice, prethodni lingvistički kontekst, tematska struktura, rečenične uloge i sl. Osim toga, u razumijevanje jezika uključeno je i enciklopedijsko znanje te sugovornikovo očekivanje.

Operacija kojom sustav za razumijevanje stvara mentalne reprezentacije koje su u skladu s ulaznim podacima, obuhvaća brojne potprocese: prepoznavanje riječi, određivanje rečenične strukture, konstituiranje značenja i konačno ostvarenje poruke koju je pošiljalatelj želio prenijeti. Zadaća teorije jezičnog razumijevanja jest opis pojedinih komponenata tog sustava kao i njihovog zajedničkog djelovanja koje nam omogućava razumijevanje (Erdeljac, 1997).

Prepoznavanje riječi proces je u kojem se senzorni ulazni podaci povezuju s informacijama o riječima pohranjenim u mozgu čovjeka te je stoga jedan od temeljnih procesa uključenih u čitanje i razumijevanje jezika. U procesu prepoznavanja riječi i razumijevanja jezika važnu ulogu ima leksički pristup, tj. dio tog cjelokupnog procesa u kojem se izolirana riječ ili riječ u tekstu identificira. Autori ga često ne definiraju eksplicitno, jer njegovo značenje često varira s obzirom na teorijski okvir u kojem se pojavljuje, ali iz same sintagme možemo zaključiti da je riječ o pristupu određenim podacima koji su potrebni za identificiranje riječi. U mentalnom leksikonu, naime, treba pronaći informacije (ortografske, semantičke i fonološke) koje se podudaraju s onime što čovjek u nekom trenutku vidi ili čuje.

Osnovna je svrha leksičkog pristupa učiniti dostupnim značenje riječi koje je potrebno za razumijevanje ulaznih podataka. Ponekad se leksički pristup izjednačava s pristupanjem značenju riječi, primjerice u slučajevima kada se učinak značenja ne uvrštava u postleksičku fazu razumijevanja. S druge strane postoje i autori (Balota, Chumbley, 1985) koji postavljaju jasnu granicu između tih dvaju pojmova te upotrebljavaju pojam *leksički pristup* definirajući ga kao proces pristupanja onoj jedinici koja najbolje odgovara napisanom ili izgovorenim obliku riječi. Dakle, riječ se prepoznaje i njezin motorički kod postaje dostupan da bismo je mogli izgovoriti tek u onom trenutku kad se ulazni podaci i unutarnja reprezentacija riječi dovoljno podudaraju. Drugim riječima, prepoznavanje riječi ostvaruje se kad od niza mogućih kandidata preostane samo jedan. Budući da se leksički pristup ostvaruje tek nakon što je prikupljeno dovoljno informacija za identifikaciju riječi, očito je da se u nekim slučajevima događa istodobno s prepoznavanjem riječi. Tezu da su leksički pristup i prepoznavanje riječi ipak dva različita procesa, odnosno da prepoznavanje riječi podrazumijeva viši stupanj obrade, potvrđuje nam i činjenica da se prepoznavanje riječi ne odvija jednako u slučaju kad je potrebno prepoznati nove i nepoznate nizove slova ili glasnika i u slučaju kad je potrebno

prepoznati već poznate riječi. U drugom slučaju prepoznavanje ne treba sadržavati ništa više od leksičkog pristupa.

Jedna je moguća pretpostavka da su postupci leksičkog pristupa krajnje jednostavni te da se sastoje primarno od uspoređivanja ulaznog signala s prethodno spremljenim reprezentacijama ili od direktne senzoričke aktivacije tih reprezentacija. Promatramo li problem prepoznavanja riječi na ovakav način, mogli bismo očekivati da će svaka promjena ulaznih podataka zamrsiti i učiniti složenijim odnose između ulaznog signala i unaprijed spremljenih reprezentacija (Erdeljac, 1997).

Međutim, smatra se da pitanje načina reprezentacije riječi u mozgu još uvijek nije zadovoljavajuće riješeno. Pretpostavlja se, doduše, da postoji fonetski potprocesor koji prethodi leksičkome pristupu, ali način njegova funkcioniranja nije sasvim jasno opisan. Osim toga, postavlja se i pitanje je li i leksička reprezentacija potpuno definirana uzmemo li u obzir sve fonetske i fonološke detalje, te jesu li fonetski i fonološki elementi hijerarhijski strukturirani ili su samo linearno povezani.

Također postoje modeli koji pretpostavljaju drugačiji odnos pristupa i prepoznavanja riječi, no zasad se gotovo svi istraživači slažu da je leksičko procesiranje moguće podijeliti u barem dvije faze. U prvoj se fazi upotrebljavaju senzorni ulazni podaci kako bi se došlo do kontakta s leksičkim reprezentacijama. Informacije pohranjene u aktiviranom leksičkom kandidatu, odnosno podaci o izgovoru i pravopisu, sintaktičkim kategorijama i značenju riječi, postaju dostupni sustavu za procesiranje jezika. Druga faza, često i postleksička faza, uključuje odabir, razradu i integraciju s kontekstom onih reprezentacija koje su postale dostupne u prvoj fazi. Fodor i sur. (1983) tu fazu nazivaju i *učvršćivanjem percepcijskog uvjerenja*. Općenito se smatra da se prepoznavanje riječi odnosi na procese koji aktiviraju leksičke kandidate i omogućuju pristup leksičkom kodu.

Prepoznavanje riječi opći je termin za leksičko procesiranje, a postleksičko se procesiranje odnosi na procese koji se događaju nakon prepoznavanja riječi. Prema tome, mogli bismo reći da se prepoznavanje riječi smatra ranijim procesom u razumijevanju jezika tako da sustav razumijevanja prvo odlučuje koje riječi dolaze u obzir, a nakon toga slaže značenje lingvističkih podataka.

3.1.PREPOZNAVANJE IZGOVORENE RIJEČI

Pogledamo li broj radova na temu prepoznavanja izgovorene riječi u odnosu na radove vezane za prepoznavanje pisane riječi, možemo zaključiti da je prvo područje donedavno bilo zanemarivano. Razlog tomu je to što se u istraživanjima o prepoznavanju pisane riječi smatralo da su u oba modaliteta jezične upotrebe aktivni isti procesi (Becker i Killion, 1977; Forster, 1976; Morton, 1969). Interes za razvoj modela s posebnom pozornošću usmjerenom na govoreni jezik počeo je 80-ih godina prošlog stoljeća (Cole i Jakimik, 1980; Elman i McClelland, 1984; Marlsen-Wilson, 1987; Marlsen-Wilson i Tyler, 1980).

Prepoznavanje izgovorene riječi poveznica je između percepcije govora i kognitivnih procesa viših razina. Svrha istraživanja prepoznavanja riječi jest bolje razumijevanje načina na koji slušatelji prevode govorni signal u mentalnu predodžbu pohranjenu u mozgu te određivanje postupaka koji nam omogućuju da koristimo te predodžbe za razumijevanje. Osim lingvističkih saznanja, za istraživanja o prepoznavanju izgovorene riječi također su potrebna saznanja iz drugih područja kao što su: psihologija, kognitivna znanost, računalstvo i dr.

Na temelju dosadašnjih istraživanja došlo se do zaključka da prepoznavanje riječi nije samo jednostavno preslikavanje akustičko-fonetskih značajki riječi i odgovarajućih jedinica u mentalnom leksikonu, nego je riječ o mnogo složenijem procesu koji sadrži različite razine sužavanja i praćenja potencijalnih kandidata te različite složene strategije ispravljanja tog procesa na temelju podataka dobivenih iz prethodnog i naknadnog konteksta u kojem se pojavljuje određena riječ.

Dosadašnja istraživanja o prepoznavanju riječi u povezanom govoru pokazala su da slušatelji jasno čuju niz odvojenih riječi čim su izgovorene. Stoga valja napomenuti da bi svaka teorija prepoznavanja riječi u povezanom iskazu trebala voditi računa o dvjema osnovnim skupinama problema: prva se skupina odnosi na segmentaciju povezanog iskaza, odnosno na određivanje granica među riječima od kojih se on sastoji, dok drugu skupinu problema predstavljaju fonološke varijacije (Erdeljac, 2009).

Dosadašnje iskustvo pokazalo je da ljudi prepoznaju neke riječi i prije nego što su one do kraja izgovorene, a neke se pak ne mogu prepoznati prije početka sljedeće riječi, što dobrim dijelom ruši tezu o prepoznavanju "slijeva-nadesno" (Grosjean, 1985). Budući da na spektrogramu najčešće nema fizičkih znakova koji bi dosljedno i pouzdano označavali granice među riječima – takvi problemi postaju sasvim očiti i prilikom slušanja nekog nepoznatog

jezika – dolazimo do zaključka da je razgraničavanje povezanog govora i dalje jedan od glavnih problema u teorijama o prepoznavanju izgovorene riječi (Bond i Garnes, 1980).

Sa sigurnošću možemo reći da izolirane riječi imaju relativno stabilnu akustičku formu koja djelomice proizlazi iz pažljivog artikuliranja koje, između ostaloga, može biti i posljedica njezine važnosti, informativne vrijednosti i sl. Nasuprot tomu, valni oblik riječi u svakodnevnom razgovornom obliku nije ni približno toliko precizan. Fonetski segmenti prepoznatljivi u izgovoru pojedinačnih riječi, mogu u povezanom govoru biti izmijenjeni, skraćeni ili mogu čak potpuno izostati. Međutim, iako je broj različitih realizacija pojedinih riječi u povezanom govoru velik, on je ipak konačan. Takva tvrdnja implicira da je potrebno uspostavljanje većeg broja uzoraka za jednu riječ, no fonološke varijacije unutar same riječi nisu nepremostiv problem za teorije prepoznavanja riječi koje bi se temeljile na uspoređivanju uzoraka (Erdeljac, 2009).

Problem, dakle, nastaje na granicama riječi gdje se događaju najveće fonološke promjene jer jezici ne dopuštaju teško izgovorljive kombinacije unutar jedne riječi. Stoga se u povezanom govoru upravo na spojevima dviju riječi javljaju teško izgovorljivi segmenti koji se automatski pojednostavljuju, a njihov je rezultat promjena, brisanje ili umetanje fonetskih segmenata na granici riječi.

Poznato je da su leksička svojstva riječi u kontekstu u interakciji s različitim izvorima znanja (primjerice slušateljevo znanje o svijetu i jezičnim pravilima, lingvističke informacije koje šalje govornik, poznavanje situacije i teme) koji ubrzavaju ili usporavaju proces prepoznavanja. Prava priroda interakcije između unutrašnjih svojstava riječi (uključujući i njihove govorne karakteristike) i navedenih izvora znanja još uvijek nije dovoljno razjašnjena. Potrebno je razriješiti neslaganje u mišljenju autora o trenutku u kojem podaci viših jezičnih razina ulaze u proces prepoznavanja (Forster, 1976; Marslen-Wilson i Welsh, 1978) te veličinu udjela neposredno prisutnih akustičko-fonetskih informacija.

Dakle, budući da se riječ temelji na percepciji diskretnih elemenata iz kontinuirano promjenjiva signala, ona se u nekom izričaju prepoznaje tijekom interakcije ulaznog signala i pohranjenih mentalnih predodžaba, u skladu s ograničenjima koja proizlaze iz svih raspoloživih izvora znanja (od akustičkih, sintaktičkih, semantičkih i logičkih čimbenika do opće tematske strukture i šireg situacijskog konteksta).

Proučavanje fonetsko-fonološke komponente u procesu prepoznavanja riječi svojevrsna je osnovica za opisivanje sustava prepoznavanja i razumijevanja jezika, ali neophodnim se pokazuje i uključivanje informacija s viših jezičnih razina, budući da sama

akustička informacija nije uvijek dovoljna za prepoznavanje (Erdeljac, 1989). Porast količine akustičkog signala smanjuje broj predloženih riječi-kandidata za prepoznavanje, dok istodobno raste ukupan stupanj prepoznatosti za jednu riječ među riječima koje su zbog identičnog početnog segmenta bile potencijalni kandidati za prepoznavanje (Marslen-Wilson, 1987). Istraživanjima je dokazano da problemi s delimitacijom zvučnog signala, dakle problemi s određivanjem granica među riječima, utječu na prepoznavanje riječi u povezanom govoru, odnosno da se prepoznavanje odvija znatno sporije ili je sasvim onemogućeno (Erdeljac, 2009).

Duljina akustičkog signala i uspješnost prepoznavanja na razini fonema uzajamno su proporcionalni (istina, nelinearni). Proučavanje ovisnosti identifikacije fonema o vremenskoj strukturi govornog signala pokazalo je da u identificiranju fonema također postoje naznake o sukcesivnosti, ali da ona na takvoj razini nema toliku važnost kao na razini riječi, zato što se jasno pokazuje da u pojedinim dijelovima zvučnoga signala istodobno postoje informacije o nekoliko fonema (Erdeljac, 1989). Može se govoriti i o leksičkom efektu u identifikaciji fonema tj. o postojanju utjecaja riječi kao cjeline na otkrivanje pojedinih fonema u govornom iskazu. Time se potvrđuje postojanje razlike u leksičkom i fonemskom procesiranju, a kako je leksički utjecaj na prepoznavanje fonema olakšavajući, dobiveni rezultati prilog su postavkama o interaktivnom odnosu u procesiranju podataka na fonološko-fonetskoj i leksičkoj razini.

3.1.1. JEDINICE U PREPOZNAVANJU IZGOVORENE RIJEČI

Proces prepoznavanja izgovorene riječi počinje u trenutku kad senzorni ulazni podatak ili, bolje rečeno, mentalna predodžba oblikovana na temelju tog podatka, ostvari početni kontakt s leksikonom.

Postoji nekoliko različitih prijedloga za određenje jedinice kontakta kod prepoznavanja izgovorene riječi: vremenski određeni spektralni uzorci (Klatt, 1980), apstraktne lingvističke jedinice poput fonema (Pisoni i Luce, 1987), slogovi (Cole i Scott, 1974) ili alofoni (Wicklegren, 1969). Značajke ovih jedinica djeluju na veličinu početnog podskupa leksikona s kojim se uspostavlja veza na početku procesa prepoznavanja. Što je bogatija ili diskriminativnija informacija u tim jedinicama kontakta, to je manji broj leksičkih jedinica s kojima se ostvaruje početni kontakt (Erdeljac, 1997).

Osim toga, veći dio govornog signala koji je potreban za ostvarenje jedinica inicijalnog kontakta, nužno pomiče trenutak kontakta unazad. U Klattovu modelu (1980) dovoljno je prvih 10 milisekundi ulaznog signala da bi se pokrenuo kontakt s leksikonom. Ipak, postoje i modeli u kojima je taj period mnogo dulji, kao primjerice Bradleyev i Forsterov (1987) model u kojem je to duljina trajanja prvog sloga ili pak 150 ms kako navode Marslen-Wilson (1984), Tyler (1984) te Salasoo i Pisoni (1985). Različito od pristupa koji u prvi plan stavljaju vremenski ranije informacije, postoje i oni koji smatraju da leksički kontakt nastupa s fizički najistaknutijom informacijom i to neovisno o trenutku njezinog pojavljivanja. Tako Grosjean i Gee (1987) smatraju da početni kontakt s leksikonom ostvaruju relevantniji ili pouzdaniji dijelovi signala poput naglašenog sloga. Zajednička pretpostavka u pristupima spomenutih autora je da u početnom kontaktu postoji diskretna faza koja ograničava podskup leksikona.

Jasna prednost koncepta o diskretnom početnom kontaktu s leksikonom je to što se smanjuje početni podskup leksikona, no s druge strane u takvom pristupu postoji i opasnost da pogrešnom percepcijom prvog elementa, kojim se ostvaruje kontakt s leksikonom, dođe do isključivanja prave, tražene riječi. Kako bi se izbjegla ta mogućnost, kontaktna jedinica treba biti dovoljno široka da bi osigurala pristup ciljanoj riječi i istodobno dovoljno uska da se smanji podskup ostalih mogućih riječi (Erdeljac, 1997).

Jedinice kontakta potrebne su jer ograničenja kapaciteta auditornog sustava zahtijevaju da se sirove osjetilne informacije pretvore u svojevrsnu apstraktnu predodžbu koja je nakon toga upotrebljiva za daljnju analizu (Liberman i sur., 1967).

Vidjeli smo, dakle, da različiti autori predlažu različite jedinice u prepoznavanju riječi – fonetsko obilježje, fonem, cijele riječi, izgovorne cjeline i rečenice, a neki (Pisoni i Luce, 1987) pak smatraju da na različitim razinama analize postoje i različite jedinice. Tako bi u određenim okolnostima apstraktne jedinice poput fonema mogle biti sasvim dovoljne. Unatoč svemu, ipak je moguće preciznije odrediti koje jedinice igraju ulogu u percepciji govora, prepoznavanju riječi i leksičkome pristupu.

Grosjean i Gee (1987) ističu fonološku riječ² kao relevantnu jedinicu u prepoznavanju govora. Autori ne smatraju pritom da je ona temeljna jedinica u procesu prepoznavanja, već da su neke njezine karakteristike važne za prepoznavanje izgovorene riječi. Takav pristup

² Fonološka je riječ čvrsto povezana fonološka jedinica koju čine jedan naglašeni slog i određen broj nenaglašenih slogova koji su fonološki povezani s njime. Npr. *ne znam* su dvije pravopisne riječi, ali samo jedna fonološka [neznam].

zapravo dijeli govorni tok na niz jakih i slabih slogova te uspostavlja vezu s riječima u leksikonu. Analiza koja se opisuje obavlja se na izlaznim jedinicama govornog percepcijskog sustava koji ima oblik fonetskog niza označenog jakim i slabim slogovima. Tako se, za razliku od Klattova modela (1980) koji pristupa leksikonu izravno iz spektra, u ovom slučaju predlaže međureprezentacija između akustičkog niza i pohranjene leksičke jedinice koja je predstavljena nizom fonetskih segmenata grupiranih u jake i slabe slogove.

Za pokretanje leksičkog pretraživanja upotrebljavaju se samo naglašeni slogovi, a slabi slogovi smješteni s obiju strana naglašenog identificiraju se analizama sličnim prepoznavanju oblika i na temelju slušateljeva poznavanja fonotaktičkih i morfo(no)loških pravila.

U različitim teorijama postoje različite pretpostavke o tome što se zapravo zbiva s naglašenim slogovima tijekom leksičkog pretraživanja: aktiviranje odabranog podskupa mogućih riječi-kandidata za prepoznavanje, aktivno traženje riječi, pokretanje detektora riječi itd. Jedna je mogućnost da se aktivira serija skupova riječi u kojima je slog o kojemu je riječ prvi slog jednog podskupa kandidata, drugi slog sljedećeg podskupa kandidata, treći slog nove serije itd. Drugim riječima, svaki naglašeni slog u seriji riječi dio je posebnog podskupa kandidata. Informacija koja se vraća od leksičkog pretraživanja upotrijebit će se na dva načina: pomoći će prepoznavanju riječi u kojoj se nalazi naglašeni slog i sudjelovat će u identificiranju slabih slogova (funktora, afiksa, slabih slogova punih riječi) s obiju strana naglašenog sloga. Poznavanje strukture slogova svakako olakšava prepoznavanje (Erdeljac, 1997).

Analiza slabih slogova može prepoznati neke funkcijske riječi i prije nego dobije povratnu informaciju od leksičkog pretraživanja kandidata u kojima se nalazi naglašeni slog, odnosno nenaglašeni slogovi koji ga okružuju. Tako se iz daljeg postupka isključuju kombinacije naglašenih i nenaglašenih slogova koje ne mogu biti riječi unutarnjeg leksikona.

Poznavanje fonotaktičkih pravila omogućava donošenje odluke o tome koji se slabi slogovi mogu kombinirati s kojim jakim, a koji ne. Neprestana interakcija ovih dvaju tipova analize omogućit će adekvatnu segmentaciju u niz riječi koje bi se mogle naći u mentalnom leksikonu.

Dok se riječi u kojima se nalazi naglašeni slog prepoznaju nakon kompleksnog leksičkog pretraživanja, nenaglašene se riječi (osobito funkcionalne) identificiraju na neposredniji način. Tek nakon početne, makar i nepotpune, identifikacije ostvaruje se kontakt s leksikonom kako bi se dobila potrebna informacija o njima (značenje, sintaktička vrsta...).

Postoji mogućnost da su funkcijske riječi navedene i u posebnom rječniku i u općem leksikonu (Ibid.).

Osim teorija prepoznavanja riječi koje uzimaju naglašeni slog kao jedinicu prepoznavanja u povezanom govoru, postoje i teorije koje ističu važnost prvog sloga (Cole, 1973). Tako je primjerice metoda otkrivanja pogrešnog izgovora pokazala da ispitanici mnogo brže otkrivaju pogrešan izgovor u drugom ili trećem slogu neke riječi nego u prvom, dok je postotak prepoznatih pogrešaka bio veći ako se pogreška nalazila na prvom slogu. Ovakvi podaci mogli bi se objasniti pretpostavkom da ispitanici otkrivaju pogrešan izgovor tako da najprije prepoznaju riječ te da se to odvija na temelju prvog sloga. Smjestimo li pogrešan izgovor na prvi slog, pronalaženje zahtijeva više vremena jer ispitanik mora pretražiti pogrešan dio leksikona koji je u skladu s pogrešnim izgovorom sve dok se ne pokaže da takva leksička jedinica ne postoji. Nalazi li se pogreška u drugom ili trećem slogu, može se pretpostaviti da su ispitanici već prepoznali riječ na temelju prvog sloga u trenutku dok drugi i treći slog još traju. Budući da posljednji slogovi nisu uvijek potrebni za prepoznavanje, mogu se sasvim zanemariti, a mala promjena fonema (na primjer, promjena za samo jedno distinktivno obilježje) može proći nezapaženo.

U još novijim teorijama sve se češće ističe važnost distinktivnih obilježja, akustičkih oznaka (*acoustic cues*) i akustičkih orijentira (*acoustic landmark*) kao jedinica u prepoznavanju govora.

Prema stajalištu čiji korijeni sežu u devetnaesto stoljeće glasnici svih jezika mogu se definirati pomoću skupa distinktivnih obilježja. Smatra se da ta obilježja imaju središnju ulogu u procesiranju govora, pritom se povezuje varijabilnost artikulacijskih pokreta i njihovog akustičkog efekta s ograničenim brojem diskretnih mentalnih kategorija. U tom pogledu, obilježja daju potrebnu osnovu za razumijevanje strukture i ekonomičnosti fonoloških sustava i pružaju teorijski okvir za modele proizvodnje i razumijevanja govora (Clements, G. N., Halle, P. A., 2010).

Dok je distinktivno obilježje elementarna fonološka jedinica koja dovodi u vezu varijabilnost artikulacijskih pokreta i njihovog akustičkog efekta s malim brojem samostalnih mentalnih kategorija, akustičke su oznake osobine govornog signala koje povezuju zvučnu manifestaciju s fonološkim segmentima, odnosno to su one osobine govornog signala koje su dovoljne da se prepozna dani fonološki segment. Akustičke oznake određuju se promatranjem govornog signala, a distinktivna obilježja opservacijama fonoloških pravila i promjena. Prema tome, distinktivna obilježja smještena su u mozgu, a akustičke oznake u akustičkom signalu.

S tog stajališta, definicija distinktivnih obilježja, s jedne bi strane trebala identificirati skup oznaka koje su povezane sa svakim obilježjem i s druge pronaći odgovor na pitanje kako slušatelji koriste te oznake za pronalaženje diskretnih obilježja koja se pojavljuju u leksičkim reprezentacijama kodiranim u mozgu. Jednom distinktivnom obilježju (koje po definiciji ne ovisi o kontekstu) odgovara više različitih akustičkih oznaka koje mogu biti prisutne ili odsutne ovisno o vrsti segmenta i kontekstu. Prema tome, dva fonema u različitim kontekstima imaju jednaka distinktivna obilježja, ali različite akustičke oznake (*acoustic cues*). Time se objašnjava različitost zamjena fonema u inicijalnom i finalnom položaju u riječi. Osim toga, važne oznake mogu biti zatomljene u opuštenijim govornim stilovima, a druge pak mogu biti prikrivene pozadinskom bukom ili drugim čimbenicima koji degradiraju signal (Clements, G. N., Halle, P. A., 2010).

Stevensov i Keyserov (2010) članak iznosi jedno moguće rješenje tog problema – teoriju pojačavanja (engl. *Enhancement theory*). Prema Stevensu i Keyseru oznake akustičkih obilježja mogu imati dva izvora. Prvo, svako je obilježje definirano kvantalnim artikulacijsko-akustičkim odnosom te se može reći da se temelji na definirajućem akustičkom obilježju i definirajućem artikulacijskom nizu. Ta definirajuća svojstva karakteristike su sustava za proizvodnju ljudskog govora i smatra se da su ona univerzalna za sve jezike. Međutim, dodatna akustička i artikulacijska svojstva/obilježja/oznake mogu se dodati kako bi se pojačala perceptivna istaknutost definirajućeg akustičkog svojstva. Stoga površinska reprezentacija iskaza ne uključuje samo akustička i artikulacijska svojstva koja definiraju obilježje nego i niz artikulacijskih pokreta i njihovih akustičkih posljedica koje pojačavaju perceptivnu istaknutost definirajućeg svojstva.

Prilikom procesiranja akustičkog signala najprije se određuju akustički orijentiri (engl. *acoustic landmarks*) tj. posebni događaji u zvučnom signalu na temelju kojih se najprije procesira nadolazeći akustički signal. Središnja zamisao ovog stajališta je da su reprezentacije riječi u mozgu pohranjene kao sekvence segmenata od kojih se svaki sastoji od snopa binarnih distinktivnih obilježja. Svaka riječ u nekom jeziku načelno ima samo jednu takvu reprezentaciju u leksikonu, a tu reprezentaciju čini snop distinktivnih obilježja. Za dani segment izlazni podaci modela moraju pretpostaviti obrazac distinktivnih obilježja koji se poklapa s obrascem koji se koristi u leksikonu (Stevens, K. N., 2002). Analiza signala, dakle, započinje identifikacijom niza orijentira koji daju informacije o temeljnim segmentima.

4. MODELI PREPOZNAVANJA RIJEČI

U literaturi o prepoznavanju riječi, modeli prepoznavanja najčešće se dijele u dvije skupine: modele izravnog pristupa i pretraživačke modele. Obje vrste usmjerene su ponajprije na leksički pristup, dio procesa u prepoznavanju riječi. Model koji je pobudio najveću pozornost u prvoj skupini modela jest Mortonov logogenski model, dok je u drugoj skupini najveću pozornost izazvao Forsterov pretraživački model. Temeljna razlika između tih dvaju modela ili, bolje rečeno, između dvaju različitih načina gledanja na proces prepoznavanja riječi jest ta da jedna skupina modela pretpostavlja da se leksikon pretražuje aktivno uspoređujući svojstva stimulusa s pohranjenim predodžbama, a u drugoj je skupini riječ o pasivnom postupku u kojem se pretpostavlja niz sklopova koji automatski odgovaraju čim prime adekvatan ulazni podatak (Massaro, 1975).

4.1.LOGOGENSKI MODEL

Mortonov logogenski model jedan je od najranijih i najpoznatijih modela izravnog pristupa, a pretpostavlja da perceptivne informacije ulaze izravno u skup brojača obilježja, tzv. logogena.

Mortonova je pretpostavka da svaka riječ u mentalnom leksikonu ima odgovarajući logogen koji sadržava precizno definirana svojstva riječi koja su određena njihovim različitim percepcijskim i semantičkim dimenzijama. U procesu prepoznavanja logogen funkcionira kao brojač koji prihvaća ulazne podatke od senzornih analizatora i kontekstualnih mehanizama. Unutrašnji brojač povećava svoju vrijednost kao jednostavnu funkciju količine ulaznih podataka koji se podudaraju sa skupom kojim je logogen definiran, sve dok vrijednost na brojaču ne prijeđe određeni prag. Prelaženje praga znači da je prepoznata ona riječ koju taj logogen predstavlja. To je pasivan memorijski sustav u kojem se memorijskim elementima pristupa izravno, bez pretpostavljanja nekog interventnog aktivnog procesa pretraživanja.

Logogeni se u ovom modelu smatraju jezgrom sustava za prepoznavanje. Svakoj riječi koju čovjek zna odgovara po jedan logogen. Ako percepcijski podatak sadržava obilježje određene riječi, zbroj obilježja njezina logogena raste.

Svaki logogen ima svoj okidač, tj. prag na kojem se pali. Prag je postavljen tako da ga je moguće dosegnuti tek ako je gotovo sigurno da je ulazni podatak baš ona riječ koja odgovara tom logogenu. Kad se logogen „upali“, odgovarajuća riječ postaje dostupna kao

odgovor, a svi ostali logogeni vraćaju se u stanje mirovanja u kojem je zbroj obilježja jednak nuli, kako bi se sustav pripremio za sljedeći ulazni podatak (Erdeljac, 1997).

4.2.PRETRAŽIVAČKI MODEL

Autonomni pretraživački modeli razlikuju se od logogeniskog modela po tome što im je temeljna karakteristika negiranje izravnog pristupa percepcijskih ulaznih podataka leksičkim ulazima. Naime, ovakvi modeli pretpostavljaju da se ulazne informacije koriste za pretraživanje cijelog leksikona ili barem nekog njegova dijela. Međutim, dosad nije predložen niti jedan pravi pretraživački model koji pretpostavlja da se pretražuje cijeli leksikon svaki put kad se obrađuje neka riječ, nego je zapravo uvijek riječ o mješovitim modelima u kojima je skup jedinica koje se pretražuju već ranije nekako izabran. Među mješovitim modelima najpoznatiji su Forsterov (1976) pretraživački model i Beckerov (1976) verifikacijski model.

Forsterova se inačica s izravnim pristupom smatra najpotpunijim aktivnim pretraživačkim modelom leksičkog pristupa. U tom modelu informacije o riječima nalaze se u mentalnom leksikonu, a pristup jedinicama u leksikonu moguć je samo putem pristupnih datoteka.

Za razliku od modela s izravnim pristupom, u ovom se modelu najprije oblikuje cjelovita percepcijska predodžba. Ona se zatim uspoređuje s reprezentacijama oblika ili zvuka riječi koje su pohranjene u pristupnoj jedinici kako bi se otkrilo kojoj riječi odgovara ta percepcijska predodžba. Usporedbe se obavljaju jedna za drugom, tj. pregledavanjem pristupne jedinice koja nije u sklopu mentalnog leksikona, ali omogućuje da natuknice u njemu budu prepoznate.

Forsterov model pretraživanja serijske je prirode. Pretpostavljena su tri odvojena lingvistička procesora: leksički, sintaktički i procesor za potpune jezične poruke. U prvoj fazi procesiranja, informacije iz perifernog osjetilnog sustava ulaze u leksički procesor. Zatim leksički procesor nastoji locirati ulazni podatak u tri periferne pristupne jedinice: ortografsku, fonetsku i sintaktičko-semantičku. Dakle, postoje tri pristupne datoteke – ortografska za prepoznavanje pisanih riječi, fonološka za prepoznavanje izgovorenih riječi i sintaktičko-semantička za produkciju jezika. Forster je pretpostavio da se pretraživanje periferne datoteke odvija prema frekvenciji riječi, tako da se prvo pretražuju visokofrekventne riječi, a zatim niskofrekventne.

Fonološka pristupna jedinica sadržava opis fonetskih obilježja riječi nekog jezika i povezana je s informacijama o značenju riječi koje nisu pohranjene izravno, nego u obliku pokazivača na mjesto u semantičkoj memoriji. Ti pokazivači imaju izravan pristup odgovarajućem ulaznom podatku u mentalnom leksikonu.

Riječi u perifernim pristupnim jedinicama djelomice su sadržajno organizirane na takav način da su grupirane u podjedinice ili binove pa sustav može izravno posegnuti u najvjerojatniji bin (Erdeljac, 1997).

4.3.KOHORTNI MODEL

Kohortni je model aktivan model izravnog pristupa prepoznavanja riječi, a načelno je riječ o poboljšanoj inačici već spomenutih modela (Erdeljac, 1997).

Kohortna teorija pretpostavlja dvije faze u procesu prepoznavanja riječi – autonomnu i interaktivnu. U autonomnoj fazi početak ulazne akustičko-fonetske informacije aktivira u memoriji sve riječi koje imaju isti početak (na primjer, riječ "ruka" aktivira sve riječi koje počinju s /r/). Sve riječi aktivirane na temelju početne ulazne informacije predstavljaju kohortu. Aktivaciju kohorte (početna skupina riječi koje su kandidati za prepoznavanje) smatra se autonomnim procesom jer se članovi kohorte odabiru isključivo na temelju akustičko-fonetske informacije. U toj fazi modela prepoznavanje riječi potpuno je ovisno o podacima koji neposredno pristižu s najniže razine. Druga je faza interaktivna jer se u njoj uključuju informacije s viših kognitivnih razina (sintaktičke i semantičke) koje omogućavaju reduciranje broja mogućih riječi-kandidata.

Ideja kohorte, odnosno skupa riječi-kandidata za prepoznavanje koje su definirane zajedničkim akustičko-fonetskim osobinama početne glasovne sekvence riječi, ključna je u ovom pristupu. U najranijoj fazi procesa pristupanja leksičkim natuknicama u mentalnom leksikonu aktiviraju se sve riječi koje počinju s konkretnom akustičkom sekvencom. Svaki element početne skupine riječi-kandidata za prepoznavanje nastavlja pratiti nastavak ulaznog signala. Riječ je prepoznata u trenutku kad se utvrdi različitost jedne riječi u odnosu na sve ostale s istom inicijalnom skupinom fonema. U teoriji je predviđena olakšavajuća funkcija konteksta na takav način da se on upotrebljava za eliminaciju neadekvatnih kandidata kako bi se smanjila veličina kohorte. Kako bi model mogao funkcionirati, unutarnja struktura riječi formalno je opisana kao slijed diskretnih segmenata.

Kad se aktivira kohorta, u odabiru tražene riječi mogu pomoći svi mogući izvori informacija. Kohortni princip funkcionira dosljedno i u njemu se informacije prikupljaju linearno, tj. slijeva nadesno. U ovoj fazi procesa prepoznavanja riječi također mogu sudjelovati informacije više razine pa neke riječi mogu biti izbačene iz kohorte na temelju semantičko-sintaktičkih informacija (Erdeljac, 1997).

4.4.INTERAKTIVNI AKTIVACIJSKI MODEL

Prvu inačicu ovog modela razvili su Rumelhart i McClelland (1981), a ona se odnosila prije svega na pisanu riječ. Model je tek kasnije prilagođen i prepoznavanju riječi u govoru (Elman i McClelland, 1984,1986). U toj drugoj inačici eksplicitno se pretpostavlja segmentalno predstavljanje govora.

Osnovna ideja ovog modela jest da se percepcija odvija na nekoliko interaktivnih razina od kojih je svaka "u dosluhu" s nekoliko drugih. Komunikacija se sastoji u aktivaciji ili inhibiciji susjednih razina.

Osim toga, ovaj model pretpostavlja da svaki relevantni element u sustavu ima jednu jedinicu koja se naziva čvorom, odnosno da je svaka riječ koju znamo zastupljena jednim čvorom. Čvorovi su organizirani prema različitim razinama pa tako postoje primjerice čvorovi razine riječi ili čvorovi razine slova. Svaki čvor povezan je s određenim brojem drugih čvorova. Njihove su veze ekscitacijske i inhibicijske. Drugim riječima, sugerira li jedan čvor postojanje drugog, veza je ekscitacijska. Na primjer, čvor za riječ "krava" sugerira čvor za /k/ u početnom položaju i, obratno, čvor /k/ u početnom položaju sugerira čvor za riječ "krava". S druge strane, inhibicijska veza znači nespojivost dvaju čvorova (npr. "pas" i "rog").

Povezanost postoji unutar iste razine, ali i između različitih razina (samo susjednih). Međutim, valja napomenuti da su veze unutar iste razine inhibitorne i dvosmjerne. Na primjer, na razini riječi veze su inhibicijske jer se u jednom trenutku na jednom mjestu može pojaviti samo jedna riječ. Ali, razina riječi i razina slova mogu biti povezane i ekscitacijski i inhibicijski, ovisno o tome je li neko slovo dio riječi na nekom određenom mjestu.

Svaki čvor ima trenutnu aktivacijsku vrijednost. Čvorovi s pozitivnom aktivacijskom vrijednošću smatraju se aktivnima. Izostane li ulazna aktivacija od strane susjeda, čvor se vraća natrag u neaktivno stanje s aktivacijskom vrijednošću jednakom ili manjom od nule. Kad je čvor aktivan, djeluje ili aktivacijski ili inhibicijski na susjedni čvor s kojim je povezan.

Tako se ekscitacijsko ili inhibicijsko djelovanje kombiniraju u zbroj koji predstavlja jedinicu na koju se čvor odnosi.

Ukratko, cjelokupna organizacija mreže govornih reprezentacija temelji se na postojanju različitih jedinica procesiranja na svakoj od razina. Dakle, čvor riječi ne odražava samo aktivaciju čitave riječi, nego i njezinih sastavnih dijelova (Erdeljac, 1997).

4.5.MODEL PARALELNE DISTRIBUCIJE

Prema ovom modelu znanje o riječi je, kao izvjestan obrazac aktivacije, pohranjeno u raspoređenom obliku u velikom broju čvorova. Modelom paralelne distribucije opisuju se prepoznavanje pisane riječi i njezin izgovor. Sam model sastoji se od niza ortografskih i fonoloških jedinica s međurazinom takozvanih skrivenih jedinica.

Ključna karakteristika ovog modela³ zasniva se na pretpostavci da postoji jedna jedinstvena procedura za izračunavanje fonološkog izlaznog podatka koji proizlazi iz ortografskog oblika. Model ne sadržava rječnik s ulazima koji odgovaraju pojedinim riječima i ne sadržava pravila izgovora, nego su oba mehanizma zamijenjena jednim koji uči kako se procesiraju pravilne i nepravilne riječi te ne-riječi.

Cilj razvijanja ovog modela bila je upotreba najmanje moguće arhitekture u kojoj bi aspekt učenja imao dominantnu ulogu. S obzirom na to da je model usmjeren prije svega na vizualno prepoznavanje riječi, pretpostavljeno je da čitanje uključuje izračunavanje triju tipova kodova (ortografskog, fonološkog i semantičkog), dok su ostali kodovi (sintaktički) izbačeni iz modela jer predstavljaju proces razumijevanja, a ne prepoznavanja i izgovora. Pretpostavlja se da svaki od triju kodova ima raspoređenu reprezentaciju, odnosno da je oblik aktivacije razdijeljen na niz primitivnih jedinica reprezentacije. Svaka jedinica procesiranja ima aktivacijsku vrijednost koja se kreće od 0 do 1, a procesiranje je u modelu interaktivno. Drugim riječima, pretpostavlja se da proces izgradnje reprezentacije na svakoj razini djeluje na konstrukciju preostalih dviju. I u ovom je modelu, kao u svim konektivističkim, procesiranje posredovano vezama među jedinicama. Poznato je da u procesiranju postoje granice koje su inherentne mrežama u kojima postoje samo izravne veze među jedinicama na različitim razinama reprezentacije te je stoga važno da postoji i razina skrivenih jedinica koje posreduju između različitih skupina reprezentacije.

³ Osim što je, za razliku od već opisanih modela, ovdje riječ o računalnom modelu vizualnog prepoznavanja riječi.

U pojednostavljenom Seidenbergovom i McClellandovom modelu, koji isključuje semantičku i kontekstualnu razinu te ne predviđa povratnu vezu između fonoloških i skrivenih jedinica, svaki pokušaj procesiranja riječi počinje s prezentacijom niza slova koji zatim simulacijski program kodira u oblike aktivacije ortografskih jedinica. Nakon toga aktivacija skrivenih jedinica izračunava se na temelju oblika aktivacije na ortografskoj razini. Za svaku skrivenu jedinicu izračunava se iznos koji je umnožak aktivacije svake ulazne jedinice i čvrstoće veze ulazne i skrivene jedinice, zbrojen s pomakom specifičnim za tu konkretnu jedinicu (Erdeljac, 2009).

4.6.MODEL PREPOZNAVANJA IZGOVORENE RIJEČI

Coleov i Jakimikov model (1978) temelji se na dvjema važnim pretpostavkama. Prvo, riječi u rečenici prepoznaju se na točno određen serijski način. Fonetski ulazni podaci obrađuju se slog po slog i riječ po riječ. Drugo, svaka riječ u rečenici ograničena je fonetskim ulazom i prethodnim kontekstom. Kontekst je definiran kao bilo kakvo znanje o strukturi određenog (govorenog) jezika kojim se može ograničiti odabir riječi. Prema tome, za razumijevanje jezika slušatelji koriste svoje poznavanje prozodijskih pravila, fonološkog sustava, sintakse, semantike i pragmatike.

Model se smatra serijskim jer pretpostavlja dvije teze: prvo, da se prepoznavanje odvija riječ po riječ, odnosno slog po slog te drugo, da prepoznavanje jedne riječi istodobno određuje granicu sa sljedećom riječju. Analizira li se slog po slog, najvjerojatnije će identifikacija prvog sloga ograničiti skup kontekstualno prihvatljivih riječi. Osim toga, može se i predvidjeti da se slog unutar riječi brže prepoznaje od sloga na početku riječi, jer je već unaprijed ograničen prvim slogom te riječi.

S obzirom na to da je prepoznavanje riječi interaktivan paralelan proces, fonetska struktura i kontekst također određuju riječ. Prepoznavanje se odvija tijekom interakcije ulaznog podatka i sa znanjem upravljanih ograničenja. Autori ovog modela smatraju da se kontekstualna informacija vrlo brzo izvlači pa se riječ brže prepoznaje kad je ograničena prethodnom riječju.

Erdeljac (2009) sažima temeljne postavke ovog modela u pet najbitnijih točaka:

- 1) analiza rečenice odvija se slog po slog i riječ po riječ;
- 2) svi slogovi i sve riječi ograničene su svojim akustičkom strukturom i kontekstom u kojem se pojavljuju;

- 3) kontekst uključuje mnogo različitih izvora znanja;
- 4) prepoznavanjem jedne riječi određuje se početak sljedeće i dobiva se znanje o fonološkim varijacijama koje mogu djelovati na riječ koja slijedi te se određuju neposredna ograničenja za sljedeću riječ i
- 5) prvi slog koji slijedi prepoznatu riječ identificira se kao kontekstualno prihvatljiva cijela riječ ili se upotrebljava kao pristup višesložnoj riječi koja počinje tim slogom.

4.7.MODEL LEKSIČKOG PRISTUPA NA TEMELJU SPEKTRA (LAFS-model)

Dok neki modeli dozvoljavaju interakciju među čvorovima unutar iste razine analize i između različitih razina, Klattov (1980) model leksičkog pristupa na temelju spektra pretpostavlja izravan neinteraktivan pristup leksičkog ulaza koji se temelji na kontekstualno osjetljivom spektralnom odsječku. Klatt smatra da odrasli govornici posjeduju unutrašnje rječnike svih dopuštenih dvoglasnih sljedova u svom jeziku. Prototip spektralnih oblika povezan je s dvoglasima te se na taj način nadilazi promjenljivost pojedinih segmenata. Klattov model predlaže pretpostavku da slušatelji izračunavaju spektralni prikaz ulaznih informacija i zatim ih uspoređuje s prototipovima u memoriji. Prepoznavanje riječi završeno je kad se u memoriji pronade najbolji prototip dvoglasnog slijeda za traženu ulaznu riječ. U tom dijelu modela prepoznavanje riječi obavlja se neposredno na temelju reprezentacije spektralnog oblika senzorne ulazne informacije.

Klattov model izbjegava bilo kakvu potrebu da se pretpostave diskretni segmenti kao što su fonemi te nadilazi kontekstualno uvjetovanu raznolikost tako da već u uzorke pohranjene u mozgu ugrađuje sve moguće kontekstualne spojeve. U difonima LAFS-sustava ukodirane su spektralne značajke segmenata i prijelaza od sredine jednog do sredine sljedećeg segmenta. Nadalje, Klatt smatra da je ulančavanje dvoglasnih sljedova dovoljno da obuhvati najveći dio kontekstualno uvjetovane raznolikosti. Prepoznavanje se, dakle, obavlja izračunavanjem spektra svakih 10 ms te se svaki put nakon izračunavanja uspoređuju ulazni i prethodno pohranjeni podaci.

4.8. MODEL LEKSIČKOG PRISTUPA TEMELJEN NAAKUSTIČKIM ORIJENTIRIMA I DISTINKTIVNIM OBILJEŽJIMA

Model leksičkog pristupa temeljen na akustičkim orijentirima (engl. *model for lexical access based on acoustic landmarks*) temelji se na idejama koje je predložio Kenneth N. Stevens. Naime, Stevens i suradnici su 1992. godine predložili temeljne crte modela automatskog prepoznavanja govora koji se temelji na njegovoj teoriji o percepciji ljudskog govora. Jedna od temeljnih pretpostavki ovog modela – za potvrdu koje postoje i brojni dokazi – jest da su riječi pohranjene u mozgu u obliku slijeda segmentalnih jedinica i da su te segmentalne jedinice predstavljene vrijednostima skupa binarnih obilježja. Stoga je cilj akustičkog procesiranja govornog signala otkrivanje obilježja koja je govornik namjeravao iznijeti kako bismo ih mogli usporediti s leksikonom, koji je također definiran u obliku segmenata i obilježja.

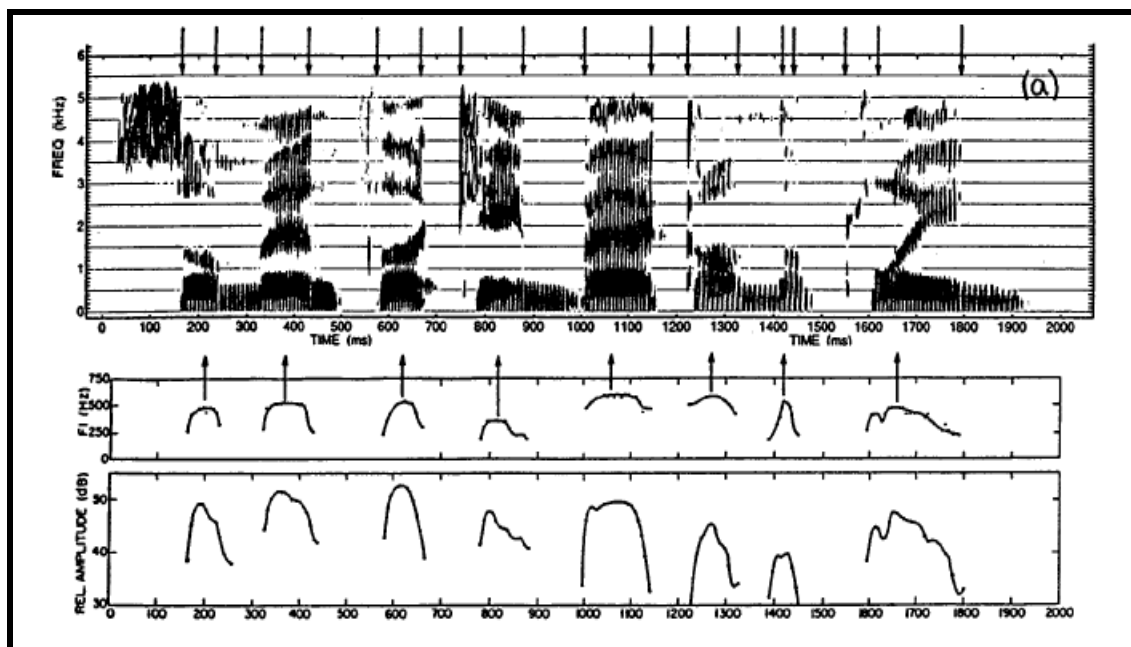
Predloženi model sadrži i leksikon u kojem su riječi pohranjene kao sekvence segmenata⁴ od kojih je svaki opisan pomoću popisa distinktivnih obilježja. Iz ulaznog signala izvlače se akustičke oznake (*acoustic cues*) te se iz tih oznaka izvodi niz snopova obilježja. Zatim se taj utvrđeni snop obilježja uspoređuje s jedinicama u leksikonu i pretpostavlja se kohorta jednog ili više sljedova riječi. Posljednji korak povratne sprege (*feedback stage*) sintetizira određene aspekte zvučnog obrasca koji bi mogao proizaći iz svakog člana kohorte i odabire sekvencu riječi koja se najbolje podudara s izmjerenim akustičkim obrascem.

Algoritam koji je opisao Stevens započinje pronalaženjem percepcijski najistaknutijih fonetskih orijentira (*landmarks*). Orijentiri mogu imati različita obilježja, uključujući zatvaranje i otvaranje artikulacijskih organa kod opstruenata ili nazala, vrhunac (*extrema*) poluvokala te središnja stabilna spektralna područja kod vokala i slogotvornih konsonanata. S obzirom na to da postoje različite vrste orijentira, pronalaženje orijentira također određuje vrijednosti distinktivnih obilježja koja definiraju vrstu orijentira. Distinktivna obilježja koja određuju vrstu orijentira Stevens je nazvao "obilježjima bez artikulatora" (*articulator-free features*) zato što ona ne ukazuju na artikulacijski organ koji se aktivira prilikom proizvodnje tog segmenta. U svojem članku iz 2002. navodi tri glavna obilježja bez artikulatora:

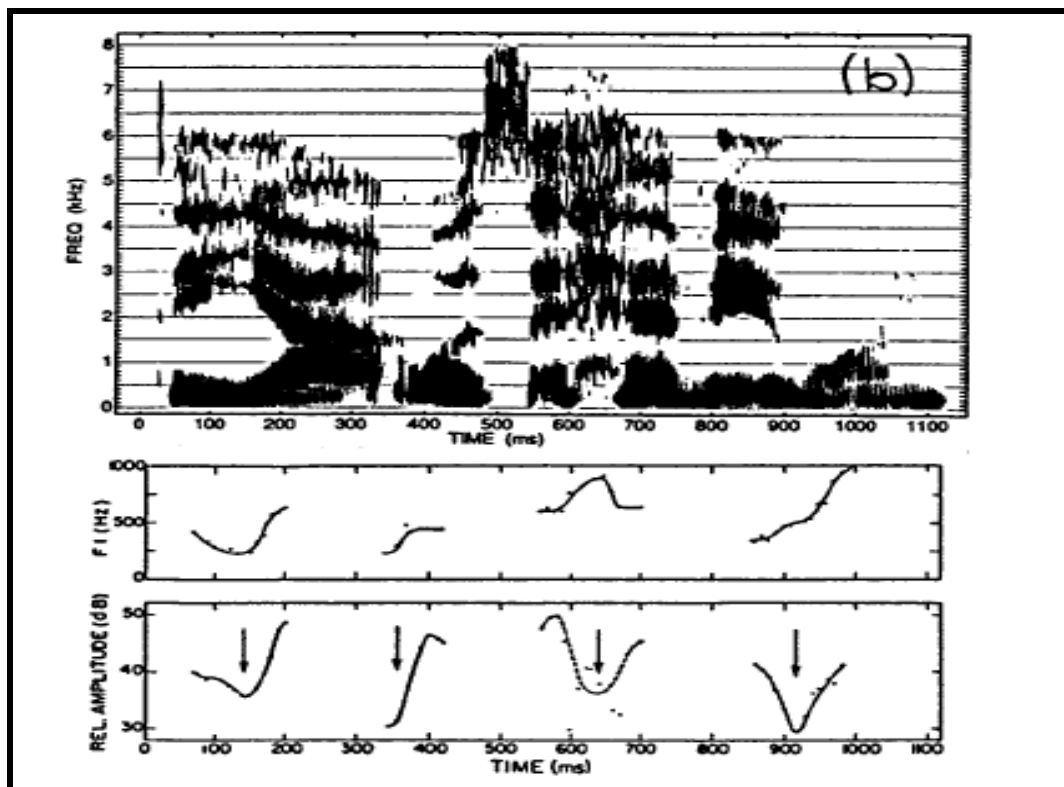
⁴ Stevens koristi termine "segment" i "obilježje" isključivo kao apstraktne jedinice pomoću kojih su riječi predstavljene u leksikonu govornika/slušatelja. Termin "segment" ne odnosi se izravno na dio spektrograma i nema vremenske karakteristike. "Obilježje" je lingvistička jedinica i ne odnosi se izravno na karakteristike akustičkog signala. Orijentiri pružaju dokaze za "skriven" segmente, a akustička svojstva u blizini orijentira pomažu nam u otkrivanju obilježja tih segmenata (Stevens, 2002).

vokalnost, poluvokalnost i konsonantnost te neprekidnost, stridentnost i sonornost kao potkategoriju tih obilježja, ali za konsonante.

Potvrdu za te tri vrste segmenata unutar iskaza možemo pronaći u samom signalu: vrhunac amplitude niske frekvencije za vokale, minimum amplitude u niskoj frekvenciji (bez akustičkih prekida) za poluvokale i dva akustička prekida za konsonante, od kojih se jedan javlja na konsonantskom zatvoru, a drugi na otvoru. Na Slici 1. prikazan je spektrogram rečenice na kojem se mogu vidjeti vokalni i konsonantski orijentiri, dok Slika 2. prikazuje poluvokalne orijentire. Strelice na vrhu spektrograma prve slike označavaju akustičke prekide koji nastaju zbog konsonantskih zatvora i otvora. Ispod spektrograma nalaze se dva grafička prikaza frekvencije i amplitude prvih formanata u odnosu na vrijeme. Strelice označavaju vokalne i poluvokalne orijentire.



Slika 1. Spektrogramski prikaz rečenice [Samantha came back on the plane],
(preuzeto iz Stevens, 2002).



Slika 2. Spektrogramski prikaz rečenice [The yacht was a heavy one],
(preuzeto iz Stevens, 2002).

Osim toga, Stevens uvodi i pojam "obilježja vezana za artikulaciju" (*articulator-bound features*) koja definira kao ona obilježja koja određuju artikulacijske organe potrebne za proizvodnju nekog vokala, konsonanta ili poluvokala, kao i način na koji su ti organi oblikovani ili postavljeni. Tako možemo govoriti o sedam artikulacija koji mogu biti uključeni u proizvodnju fonetskih razlika u jezicima, a to su: usne, vrh jezika, tijelo jezika, meko nepce, ždrijelo, međuglasnički prostor i glasnice. U proizvodnji distinktivnih segmenata tim organima možemo upravljati na jedan ili više načina. Oba načina upravljanja artikulacijskim organom opisana su obilježjem koje može imati pozitivnu ili negativnu vrijednost. Artikulacijski organi i obilježja koja isti proizvode, prikazani su na Slici 3.

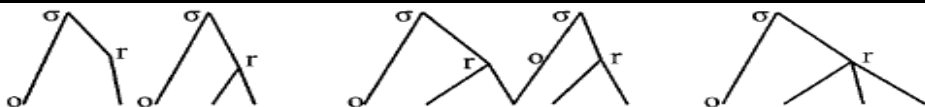
lips	[round]
tongue blade	[anterior]
	[distributed]
	[lateral]
	[rhotic]
tongue body	[high]
	[low]
	[back]
soft palate	[nasal]
pharynx	[advanced tongue root]
glottis	[spread glottis]
	[constricted glottis]
vocal folds	[stiff vocal folds]

Slika 3. Artikulatori i obilježja koja nastaju njihovom aktivacijom
(preuzeto iz Stevens, 2002).

Većina vokala i poluvokala svih jezika može se opisati pomoću triju obilježja (visoki, niski, stražnji) koja se odnose na položaj tijela jezika. Navedena obilježja također imaju jasno definirane akustičke i perceptivne korelate, koji slušatelju pomažu u određivanju obilježja vezanih za artikulator. Načelno, akustička je manifestacija tih obilježja najizraženija u blizini orijentira.

Iako svako distinktivno obilježje ima određene artikulacijske i akustičke korelate, u signalu postoje dodatna obilježja koja su nusproizvodi osnovnih artikulacijskih i akustičkih uvjeta za pojedino obilježje. Ta svojstva mogu proizaći iz artikulacijskih pokreta koji nisu izravno određeni obilježjem. Tako, primjerice, neka od svojstava mogu biti automatske posljedice primarnih artikulacijskih pokreta prilikom proizvodnje distinktivnog obilježja, dok druga mogu biti uvedena kako bi pojačala percepcijsku razliku definiranu obilježjem (Keyser i Stevens, 2001). Takvi pojačavajući pokreti često proizvode nova akustička obilježja, a istovremeno pojačavaju primarni akustički korelat obilježja. Neki su pojačavajući pokreti obavezni, jer su potrebni za ispravno akustičko ostvarenje primarnog akustičkog svojstva, dok su drugi mogući, ali ne i obavezni. Ti dodatni artikulacijski pokreti i njihova akustička obilježja nisu definirani pomoću distinktivnih obilježja jer ta obilježja sam po sebi ne definiraju razlike unutar jezika. Bez obzira na to, mogu proizvesti akustička i percepcijska obilježja koja slušatelju mogu pomoći u otkrivanju distinktivnih obilježja.

Pohranjene jedinice u leksikonu sastavljene su od sljedova segmenata od kojih je svaki predstavljen određenim brojem obilježja⁵. Od iznimne je važnosti odrediti strukturu slogova u leksikonu. Tijekom proizvodnje govora bitno je poznavanje strukture slogova jer su podaci o ostvarivanju konsonanata i trenutak pokretanja artikulacijskih organa do neke mjere ovisni o njihovu položaju unutar sloga. Trenutak ostvarenja jezgre sloga ili vokala također je uvjetovan slogovnom strukturom. Slušatelju pak sposobnost procjenjivanja strukture sloga u povezanom govoru može pomoći u određivanju granica riječi, zato što je početak riječi ujedno i početak sloga u leksikonu. Stoga se pretpostavlja da reprezentacije riječi u memoriji govornika i slušatelja imaju oblik prikazan na Slici 4.



	d	ə	b	e	t		w	æ	g	ə	n		h	ɛ	l	p
Vowel		+		+				+		+				+		
Glide							+						+			
Consonant	+		+		+				+		+				+	+
Stressed		-		+				+		-				+		
Reducible		+		-				-		+				-		
Continuant	-		-		-			-			-				-	-
Sonorant	-		-		-			-			+				+	-
Strident																
Lips			+													+
Tongue blade	+				+						+				+	
Tongue body								+								
Round			-				+									-
Anterior	+				+						+				+	
Lateral															+	
High		+		-			+	-	+	-				-		
Low		-		-			-	+	-	-				-		
Back		-		-			+	-	-	+				-		
Adv. tongue root				+			+	-						-		
Spread glottis													+			
Nasal											+					
Stiff vocal folds	-		-		+				-							+

Slika 4. Leksičke reprezentacije riječi [debate], [wagon] i [help]. Na vrhu se nalazi slogovna struktura svake riječi (σ = slog, o = početak, r = rima), (preuzeto iz Stevens, 2002).

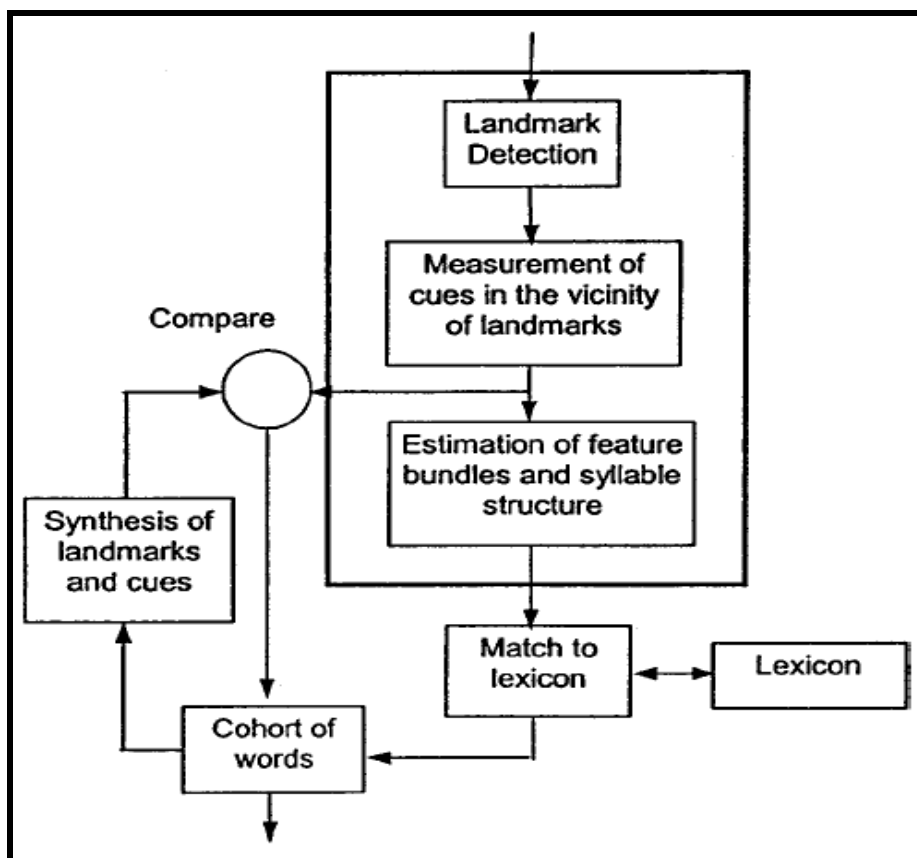
⁵ Iako je ukupan broj obilježja za opis fonema prilično velik, najčešće je za opis pojedinog segmenta dovoljno do 7 obilježja.

Kad slušatelj čuje neki iskaz, njegov je zadatak odgovarajućom analizom akustičkog signala izvesti diskretnu ili simboličku reprezentaciju sličnu onoj na Slici 2., na temelju koje se izvodi slijed riječi. U Stevensovu modelu analiza akustičkog signala rezultira pronalaženjem akustičkih oznaka koje možemo dekodirati pomoću artikulacijskih pokreta. Na temelju tih oznaka pretpostavljaju se segmenti i obilježja. Cijeli postupak odvija se u tri koraka.

U prvom se koraku ustanovljuje mjesto i vrsta temeljnih akustičkih orijentira u signalu. Iz tih akustičkih orijentira mogu se pretpostaviti određeni artikulacijski pokreti. Na temelju toga mogu se izvesti „obilježja bez artikulatora“.

Drugi se korak sastoji od pronalaženja akustičkih oznaka iz signala u blizini orijentira. Oznake se izvode tako da se najprije mjeri trajanje određenih akustičkih parametara kao što su frekvencije najviših točaka u spektru ili spektralna amplituda u određenom frekvencijskom radijusu, a zatim se specificiraju određene karakteristike putova tih parametara. Akustičke oznake odabiru se na temelju pretpostavke da ih je moguće izravno povezati s pokretima i položajima različitih artikulatora u dijelu spektra blizu orijentira. Izlazni je podatak ovog koraka slijed orijentira s vremenskim oznakama i pripremnim procjenama obilježja bez artikulatora na svakom orijentiru te vrijednostima skupa akustičkih oznaka koje su s njima povezane. U ovom koraku također se procjenjuje struktura sloga, tj. broj i poredak konsonanata u njemu. Osim toga, provjerava se jesu li parametri izvedeni iz signala blizu orijentira u skladu sa slijedom orijentira izvedenim u prvom koraku. Na temelju te analize mogu se pretpostaviti novi orijentiri ili pak zaključiti da neki orijentiri ne označavaju prisutnost segmenta.

U trećem se koraku orijentiri i akustičke oznake izvedeni u fazi procesiranja signala spajaju i izvodi se slijed skupova obilježja. Još jedan zadatak u ovom koraku jest pretvaranje reprezentacija orijentira izvedenih u prvom koraku u reprezentaciju u obliku temeljnih segmenata. Na ovoj razini procesiranja izvedeni segmenti, obilježja i njihove kombinacije moraju biti u skladu s obrascima koji su prisutni u slogovima riječi u leksikonu, unatoč tomu što akustički dokazi za neke segmente i obilježja ne postoje zbog načina govorenja ili vanjskih čimbenika kao što je buka. Shematski prikaz triju opisanih koraka prikazan je kvadratu na Slici 5.



Slika 5. Shematski prikaz percepcije govora (preuzeto iz Stevens, 2002).

5. HIPOTEZE

Budući da se fonem definira kao skup distinktivnih obilježja te da je broj distinktivnih obilježja dovoljnih za opis fonološkog sustava bilo kojeg jezika ograničen⁶, distinktivna obilježja fonema gotovo se bez iznimke u većoj ili manjoj mjeri međusobno podudaraju. Usporedbom dvaju ili više fonema, tj. usporedbom njihovih distinktivnih obilježja, možemo utvrditi koliko su ti fonemi slični ili različiti. Schane (1973) smatra da je međusobna sličnost dvaju fonema veća ako se oni razlikuju samo po jednom distinktivnom obilježju, nego ako se razlikuju u dva, tri ili više. Neravnomjerna raspodjela distinktivnih obilježja unutar pojedinih fonoloških sustava i različit način njihove izvedbe ukazuju na nejednaku informativnost pojedinih obilježja (Erdeljac, 1991).

U skladu s navedenim tvrdnjama, cilj je ovog rada potvrditi ili opovrgnuti sljedeće hipoteze:

⁶ Za opis hrvatskog fonološkog sustava potrebno je dvanaest distinktivnih obilježja (Škarić, 1975/1976).

- 1) Promjena početnog fonema utjecat će na brzinu i točnost prepoznavanja riječi, odnosno na brzinu odbacivanja ne-riječi. Prema tome, očekuje se kraće vrijeme prepoznavanja riječi negoli odbacivanja ne-riječi.
- 2) Brzina i točnost odbacivanja ne-riječi razlikovat će se ovisno o tome je li početni fonem promijenjen za jedno, dva ili tri distinktivna obilježja. Očekuje se veća brzina i točnost odbacivanja za tri distinktivna obilježja, manja za dva distinktivna i najmanja za jedno distinktivno obilježje.
- 3) Unutar skupine fonema koji se razlikuju za jedno distinktivno obilježje očekuje se razlika u relevantnosti distinktivnih obilježja u procesu prepoznavanja riječi.

6. ISTRAŽIVANJE

U eksperimentalnom se istraživanju proučavao utjecaj pogrešaka u fonološkom kodiranju na prepoznavanje izgovorene riječi. Drugim riječima, analizirana je brzina i točnost procjene zvučnog stimulusa te relevantnost broja i vrste distinktivnih obilježja u prepoznavanju izgovorene riječi. Istraživanje je rađeno u skladu s metodološkim predloškom korištenim u radu Mirijam Ernestus i Willem Marinus Mark (2004) pod nazivom „*Distinctive phonological features differ in relevance for both spoken and written word recognition*“. Za razliku od spomenutih autora, koji su ispitivali foneme /b/, /p/, /d/, /t/, /z/, /s/, /v/ i /f/, u ovom su istraživanju ciljane skupina bili isključivo okluzivi u hrvatskom jeziku.

6.1.METODA

6.2.MATERIJAL

Govorni materijal sastavljen je prema dvama uvjetima. Prvo, inicijalni fonem riječi mora biti okluziv. Drugo, inicijalni fonem riječi mora biti zamjenjiv trima skupinama fonema; onima koji se od inicijalnog razlikuju po jednom, zatim po dva i na kraju po tri distinktivna obilježja. Pritom rezultat zamjene inicijalnog fonema ne smije biti riječ hrvatskog jezika. Primjerice, uzmemo li u obzir riječ *poput*, inicijalni fonem /p/ zamjenjivao se fonemima /t/, /b/ i /k/ (razlika u 1 distinktivnom obilježju od /p/), zatim fonemima /d/, /c/, /f/, /g/ i /h/ (razlika u 2 distinktivna obilježja od /p/) te na kraju fonemima /s/, /v/, /ć/, /đ/, /č/, /m/ i /r/ (razlika u 3 distinktivna obilježja od /p/). Broj fonema u skupinama koji je zamjenjivao

inicijalni fonem riječi razlikovao se od okluziva do okluziva. Tako je fonem s najviše zamjena bio /d/ (21 fonema), dok je fonem /k/ imao najmanje zamjena (13).

S obzirom na veliki broj zamjenskih fonema, primjeri nisu mogle biti jednosložne riječi, jer su zamjenama nastajale riječi, a ne ne-riječi. Tako bi prilikom zamjene inicijalnog fonema /p/ u riječi *par*, nastale značenjske riječi *dar*, *čar*, *bar*, *car*, itd. Upravo iz tog razloga, umjesto jednosložnih, uzete su dvosložne riječi. Svaki okluziv bio je predstavljen četirima riječima (popis riječi i ne-riječi nalazi se u prilogu na kraju rada), što nas dovodi do konačnog broja od 24 dvosložne riječi hrvatskog jezika. Tako je, na primjer, okluziv /p/ bio predstavljen riječima *poput*, *pomol*, *poslan* i *pisma*. Ako uzmemo u obzir i ne-riječi, nastale zamjenjivanjem inicijalnog fonema onim fonemima koji se razlikuju za jedno, dva ili tri distinktivna obilježja, ukupan broj slušnih primjera penje se na 432.

Također, valja napomenuti da su u odabranim primjerima zastupljena sva četiri naglasna standardnog hrvatskog jezika (kratkosilazni, kratkouzlazni, dugosilazni i dugouzlazni) te da su naglasne paradigme zadržane i u ne-riječima. Ako uzmemo za primjer riječ [gòzba], njene su inačice glasile: [bòzba], [kòzba], [dòzba], itd. Osim spomenutog govornog materijala snimljeno je i pet riječi te pet ne-riječi, koje su ispitanicima služile kao probni primjeri.

Govorni materijal snimljen je u prostoriji s niskom razinom buke, opremom srednje kvalitete u programu za analizu zvuka Praat. Materijal je čitala izvorna govornica hrvatskog jezika, urednog govorno-jezičnog statusa. Snimljene su riječi potom izrezane iz cjelovite snimke tako da su u konačnici dobivena 432 slušna primjera, uz probnih 10. Prilikom akustičke obrade snimki, nastojalo se što preciznije odrediti početak riječi, zbog važnosti za daljnji tijek istraživanja.

6.3.PROCEDURA

Izrezani zvučni primjeri najprije su nasumično poredani računalnim programom i zatim su uvršteni u program u kojem se provodilo istraživanje. Ispitanici su zvučne primjere slušali u tihoj prostoriji slušalicama (Pioneer SE-M280), a njihov je zadatak bio odrediti u najkraćem mogućem roku je li ono što su čuli postojeća riječ hrvatskoga jezika ili nije (auditivna leksička odluka). Vrijeme reakcije mjerilo se od početka riječi, zbog čega je, kao što je već spomenuto, bilo potrebno pomno odrediti granice riječi prilikom izrezivanja zvučnih primjera.

Prije samog početka istraživanja svaki je ispitanik najprije pročitao upute o tijeku istraživanja i prošao probne primjere zajedno s ispitivačem. Svoje su odluke donosili

pritisakom na desni „Enter“ ako su procijenili da je ono što su čuli riječ hrvatskoga jezika ili lijevi „Ctrl“ ako su procijenili da to nije riječ hrvatskoga jezika. Nakon svakog pritiska na bilo koju tipku uslijedila je stanka od jedne sekunde, a zatim je uslijedio sljedeći primjer. U slučaju da ispitanik četiri sekunde nakon završetka riječi nije pritisnuo niti jednu tipku, automatski bi uslijedio sljedeći primjer. Nakon svakih 50 primjera nastupila je stanka koja je trajala koliko god je ispitaniku bilo potrebno. Nakon istraživanja provedenog na 24 ispitanika, ustanovljeno je da je eksperiment u prosjeku trajao od 20 do 30 minuta.

6.4.ISPITANICI

U istraživanju su sudjelovala 24 dobrovoljna ispitanika od čega je 15 ispitanika bilo muškog, a devet ženskog spola. Najmlađa ispitanica imala je 23 godine dok je najstariji ispitanik imao 31. Svi su ispitanici izvorni govornici hrvatskog jezika, urednog slušnog statusa. Većina ispitanika rođena je u Zagrebu, a svi (osim jedne ispitanice) danas u njemu i žive.

6.5.REZULTATI I RASPRAVA

Prema očekivanjima, prosječna brzina prepoznavanja riječi kraća je od prosječne brzine „prepoznavanja/odbacivanja“ ne-riječi. Prilikom obrade rezultata utvrđeno je da je u svim skupinama, osim u skupini riječi s početnim fonemom /d/ (kašnjenje od samo 9 ms), prva hipoteza potvrđena. Prosječno vrijeme prepoznavanja riječi za svaku skupinu i ukupne vrijednosti, vidljivi su u tablici koja slijedi.

Tablica 1. Prosječno vrijeme prepoznavanja svih riječi i ne-riječi ms

POČETNI FONEM	VRIJEME PREPOZNAVANJA (riječ)	VRIJEME PREPOZNAVANJA (ne-riječ)
/p/	963,32	1027,74
/t/	901,11	1046,66
/k/	899,92	1065,07
/b/	1091,19	1133,12
/d/	1011,31	1002,06*
/g/	967,03	1073,00
PROSJEK	972,31	1057,94

Ovakvi su rezultati potvrđeni primjerice u Coleovom istraživanju (1973), gdje su ispitanici, između ostaloga, trebali otkriti pogrešan izgovor u prvom slogu. Istraživanje je pokazalo da je vrijeme reakcije prepoznavanja ne-riječi dulje, jer ispitanici zbog pogrešnog izgovora u prvom slogu moraju pretraživati dijelove mentalnog leksikona koji se podudaraju s ulaznim podatkom, koji nije valjan, sve dok se ne pokaže da leksička jedinica s takvim izgovorom ne postoji.

Iako se očekivao manji broj pogrešaka pri prepoznavanju riječi negoli ne-riječi, rezultati su pokazali upravo suprotno. Naime, postotak točnog prepoznavanja ne-riječi bio je veći nego kod prepoznavanja riječi, što se može vidjeti u sljedećoj tablici.

Tablica 2. Postotak točnosti prepoznavanja svih riječi i ne-riječi

	RIJEČ		NE-RIJEČ	
	točno	netočno	točno	netočno
/p/	66%	34%	96%	4%
/t/	91%	9%	96%	4%
/k/	89%	11%	92%	8%
/b/	84%	16%	95%	5%
/d/	85%	15%	94%	6%
/g/	77%	23%	94%	6%
PROSJEK	73%	18%	94%	6%

Nadalje, rezultati su pokazali da je brzina prepoznavanja s obzirom na broj distinktivnih obilježja obrnuto proporcionalna s postotkom točnih odgovora. Drugim riječima, na zvučne primjere čiji se početni fonem razlikovao za samo jedno distinktivno obilježje odgovori su se davali najbrže, ali i s najvećim brojem pogrešnih odgovora. Prema tome, ispitanici nisu percipirali razliku u početnom fonemu. Valja napomenuti da su po tom pitanju iznimni bili primjeri s početnim fonemima /k/, /d/ i /g/ kod kojih su ispitanici najbrže prepoznavali ne-riječi s razlikom za dva distinktivna obilježja, a najsporije ne-riječi s razlikom za jedno distinktivno obilježje. Detaljan prikaz vremena i točnosti prepoznavanja ne-riječi, s obzirom na broj distinktivnih obilježja, slijedi u Tablicama 3 i 4.

Tablica 3. Brzina odbacivanja ne-riječi s obzirom na broj distinktivnih obilježja u ms.

	1 D. O.	2 D. O.	3 D. O.
/p/	1005,29	1052,09	1019,97
/t/	982,17	1065,22	1062,94
/k/	1109,07	1032,74	1055,75
/b/	1121,61	1356,02	1139,03
/d/	1004,03	1001,01	1002,25
/g/	1086,53	1064,33	1073,35
PROSJEK	1051,45	1095,24	1058,88

Tablica 4. Točnost leksičkih odluka za ne-riječi s obzirom na broj distinktivnih obilježja.

	1 D. O.	2 D. O.	3 D. O.
/p/	92%	94%	95%
/t/	92%	97%	97%
/k/	89%	92%	95%
/b/	95%	94%	97%
/d/	92%	94%	95%
/g/	92%	94%	95%
PROSJEK	92%	94%	96%

Naposljetku, broj pogrešaka ukazao je na različitu relevantnost distinktivnih obilježja za svaki okluziv (/p/, /t/, /k/, /b/, /d/ i /g/). Pretpostavljalo se da je manji broj netočnih odgovora ukazivao na relevantnost obilježja, tj. njegovu informativnost u prepoznavanju riječi i u odbacivanju ne-riječi. Dakle, ako su ispitanici najviše griješili kod zamjene fonema /d/ fonemom /r/ (čak 16 pogrešaka), jasno je da je vokalnost najmanje relevantno distinktivno obilježje za fonem /d/. Tako je gravisnost relevantno distinktivno obilježje za fonem /b/, kompaktnost za foneme /d/ i /g/, a zvučnost za /p/ i /k/. Do ukupnog broja pogrešaka za razliku u jednom distinktivnom obilježju bilo je potrebno odrediti vrstu distinktivnog obilježja koja razlikuje početni fonem riječi od početnog fonema ne-riječi. Na taj način dobiven je detaljan popis broja pogrešaka s obzirom na vrstu distinktivnog obilježja prikazan u Tablici 5.

Tablica 5. Broj pogrešaka s obzirom na vrstu distinktivnog obilježja.

RAZLIKA ZA 1 DISTINKTIVNO OBILJEŽJE						
vrsta d. o.	<i>gravisnost</i>	<i>zvučnost</i>	<i>kompaktnost</i>	<i>stridentnost</i>	<i>neprekidnost</i>	<i>vokalnost</i>
/p/	10	5	9	-	-	-
/t/	26	3	0	1	-	-
/k/	8	3	15	-	15	-
/b/	2	8	5	-	-	-
/d/	8	6	1	-	-	16
/g/	5	15	3	-	-	-

Relevantnost distinktivnog obilježja procjenjivala se isključivo na skupini koja se početnim fonemom razlikovala samo za jedno obilježje jer ovom metodologijom nije moguće odrediti koje je distinktivno obilježje (od moguća dva ili tri) utjecalo na pogrešno prepoznavanje ne-riječi. Primjerice, ako se fonemi /p/ i /d/ razlikuju za tri distinktivna obilježja (gravisnost, kompaktnost i zvučnost), nije moguće reći koje je od tih obilježja uzrokovalo pogrešno prepoznavanje. Drugim riječima, ne možemo znati je li ispitanik procijenio da je zvučni stimulus [domol] riječ na temelju gravisnosti, kompaktnosti ili pak zvučnosti.

7. ZAKLJUČAK

Kao što je već spomenuto, u ovom se radu obrađivala problematika prepoznavanja izgovorene riječi. Utjecaj pogrešaka u govornom signalu na prepoznavanje riječi i ne-riječi sagledan je s obzirom na nekoliko čimbenika: broj i vrstu distinktivnih obilježja, postotak točnih odgovora, vrijeme reakcije i dr. U ovom je radu tako potvrđena hipoteza o kraćem vremenu procesiranja i prepoznavanja riječi negoli ne-riječi. Nadalje, pretpostavka o većem broju pogrešaka prilikom prepoznavanja ne-riječi nego riječi opovrgnuta je. Međutim, valja napomenuti da je zbog znatno većeg broja ne-riječi (408) naspram riječi (samo 24) kod ispitanika moglo doći do automatskih odgovora prilikom procesiranja riječi, što se kasnije znatno više odrazilo na rezultat. Primjerice, pet pogrešnih odgovora u prepoznavanju riječi (5 : 24) nisu jednake težine kao i pet pogrešaka u prepoznavanju ne-riječi (5 : 408).

Bez obzira na to što su razlike u prosječnom vremenu prepoznavanja ne-riječi (razlika za jedno, dva ili tri distinktivna obilježja) prilično male, one govore o najkraćem vremenu

prepoznavanja ne-riječi s razlikom u početnom fonemu za jedno distinktivno obilježje, nešto duljem za ne-riječi s razlikom za tri distinktivna obilježja i najduljem za ne-riječi s razlikom za dva distinktivna obilježja. Također, rezultati su pokazali da se točnost prepoznavanja ne-riječi povećava s porastom broja razlikovnih obilježja. Naposljetku, distinktivna obilježja zvučnosti, gravisnosti i kompaktnosti pokazala su se relevantnima u procesiranju i prepoznavanju okluziva hrvatskoga jezika.

S obzirom na rezultate ovog rada, bilo bi korisno provesti ista ili slična istraživanja za preostale foneme hrvatskog jezika te na taj način dodatno rasvijetliti fenomen prepoznavanja izgovorene riječi s obzirom na njezinu fonološku, odnosno glasovnu strukturu.

LITERATURA

1. Balota, D. A., Chumbley, J. I. (1985) The locus of the word frequency effect in the pronunciation task: Lexical access and/or production?, *Journal of Memory and Language*, 24, 89-106.
2. Becker, C. A., Killion, T. H. (1977) Interaction of visual and cognitive effects in word recognition, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 3, 389-401.
3. Besner, D. (1990) Does the reading system need a lexicon?, u: Balota, D. A., Flores d'Arcais, G. B., Rayner, K. (ur.), *Comprehension processes in reading*, LES Publ., Hillsdale, N. Y., Hove, London, 73-99.
4. Bloomfield, L. (1933) *Language*, New York.
5. Bond, Z. S., Garnes, S. (1980) Misperception of fluent speech, u: Cole, R. A. (ur.) *Perception and production of fluent speech*, Hillsdale, N. J. Erlbaum.
6. Bradlley, D. C., Forster, K. I. (1987) A reader's view of listening, u: Frauenfelder, U. H., Tyler, L. K. (ur.), *Spoken Word Recognition*, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, 103-134.
7. Clements, G. N., Halle, P. A. (2010) Phonetic bases of distinctive features: Introduction, *Journal of Phonetics*, Vol. 38, 3-9.
8. Cole, R. A. (1973) Listening for mispronunciation: A measure of what we hear during speech. *Perception & Psycholinguistics*, Vol. 1, 153-156.
9. Cole, R. A., Scott, B. (1974) Toward a theory of speech perception, *Psychological review*, Vol. 81, 348-374.
10. Cole, R. A., Jakimik, J. (1980) A Model of Speech Perception, u: Cole, R. (ur.) *Perception and production of fluent speech*, Erlbaum, Hillsdale, N. J., 133-163.
11. Elman, J. L., McClelland J. L. (1984) Speech as a cognitive process: The interactive activation model, u: Lass, N. (ur.), *Speech and Language*, Vol. 10, Academic Press, New York.
12. Erdeljac, V. (1989) Relativna vrijednost fonoloških distinktivnih obilježja, magistarski rad, Zagreb.
13. Erdeljac, V. (1991) Perceptivna vrijednost distinktivnih obilježja, *SOL*, 12-13, 7-24.
14. Erdeljac, V. (1997) Prepoznavanje riječi, *SOL/Ibis*, Zagreb.
15. Erdeljac, V. (2009) Mentalni leksikon – modeli i činjenice, *Ibis*, Zagreb.

16. Ernestus, M., Mak, W. M. (2004) Distinctive phonological features differ in relevance for both spoken and written word recognition, *Brain and Language*, 90, 378-392.
17. Fodor, M., Bresnan, J., Kaplan, R. (1983) A competence-based theory of syntactic closure, u: Bresnan, J. (ur.), *The mental representation of grammatical relations*, MIT Press, Cambridge, Mass., 727-796.
18. Forster, K. I. (1976) Accessing the mental lexicon, u: Wales, R. J., Walker, E. (ur.), *New approaches to language mechanisms*, North Holland, Amsterdam.
19. Grosjean, F. (1985) The recognition of words after their acoustic offset: evidence and implications, *Perception & Psychophysics*, 38, 4, 299-301.
20. Grosjean, F., Gee, J. P. (1987) Prosodic structure and spoken word recognition, u: Frauenfelder, U. H., Tyler, L. K. (ur.), *Spoken Word Recognition*, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, 135-154.
21. Kramsky, J. (1969) The Word as a Linguistic Unit, Mouton, The Hague.
22. Klatt, D.H. (1980) Speech perception: A model of acoustic-phonetic analysis and lexical access, u: Cole R. A. (ur.), *Perception and production of fluent speech*, Erlbaum, Hillsdale, N.J.
23. Liberman, A. M., Cooper, F. S., Shankweiler, D. S., Studdert-Kennedy, M. (1967) Perception of the speech code, *Psychological Review*, 74, 431-461.
24. Marslen-Wilson W. D., Welsh, A. (1978) Processing Interactions and Lexical Access during Word Recognition in Continuous Speech, *Cognitive Psychology*, 10, 29-63.
25. Marslen-Wilson, W. D., Tyler, L. K. (1980) The temporal structure of spoken language understanding, *Cognition*, 8, 1-71.
26. Marslen-Wilson, W. D. (1987) Functional parallelism in spoken word recognition, u: Frauenfelder, U. H., Tyler, L. K. (ur), *Spoken Word Recognition*, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, 71-102.
27. Massaro, D. W. (1975) Understanding Language, Academic Press, N. Y.
28. Morton, J. (1969) Interaction of information in word recognition, *Psychological Review*, 76, 165-178.
29. Pisoni, S. T., Luce, P. A. (1987) Acoustic-phonetic representation in word recognition, u: Frauenfelder, U. H., Tyler, L. K. (ur.), *Spoken Word recognition*, MIT Press, Cambridge, Mass & London, 21-52.
30. Salasoo, A., Pisoni, D. B. (1985) Interaction of knowledge sources in spoken word identification, *Journal of Memory and Language*, 24, 210-231.

31. Schane, S. A. (1973) *Generative Phonology*, Prentice-Hall, Inc, New Jersey.
32. Spoehr, K. T. (1979) Word recognition in speech and reading: Toward a single theory of language processing, u: Cole, R. (ur.) *Perception and production of fluent speech*, Hillsdale Erlbaum, N.Y. 239 – 265.
33. Stevens, K. N. (2002) Toward a model for lexical access based on acoustic landmarks and distinctive features, *Journal of the Acoustical Society of America*, 111, 1872-1891.
34. Stevens, K. N., Keyser, S. J. (2010) Quantal theory, enhancement and overlap, *Journal of Phonetics*, 38, 10-19.
35. Škarić, I. (1975/1976), Razlikovna obilježja, *Jezik*, 1, 1-10.
36. Tyler, L. K. (1984) The structure of the initial cohort: Evidence from gatin, *Perception & Psycholinguistics*, 36, 417-427.
37. Wicklegren, W. A. (1969) Context-sensitive coding, associative memory, and serial order in (speech) behavior, *Psychological Review*, 76, 1-15.

PRILOG

	RIJEČI	1 D. O.				2 D. O.					3 D. O.						
p	poput	toput	boput	koput	đoput	coput	foput	goput	hoput	soput	voput	ćoput	đoput	čoput	moput	roput	
	pomol	tomol	bomol	komol	đomol	comol	fomol	gomol	homol	somol	vomol	ćomol	đomol	čomol	momol	romol	
	poslan	toslan	boslan	koslan	doslan	eoslan	foslan	goslan	hoslan	soslan	voslan	ćoslan	doslan	čoslan	moslan	roslan	
	pisma	tisma	bisma	kisma	đisma	cisma	fisma	gisma	hisma	sisma	visma	ćisma	đisma	čisma	misma	risma	
b	burno	đurno	purno	gurno	turno	vurno	đurno	kurno	murno	urno	curno	zurno	furno	ćurno	džurno	hurno	nurno
	bivša	đivša	pivša	givša	tivša	vivša	đivša	kivša	mivša	rivša	civša	zivša	fivša	ćivša	dživša	hivša	nivša
	berba	derba	perba	gerba	terba	verba	derba	kerba	merba	rerba	cerba	zerba	ferba	čerba	džerba	herba	nerba
	bodež	dodež	podež	godež	todež	vodež	đodež	kodež	modež	rodež	codež	zodež	fodež	ćodež	džodež	hodež	nodež
t	težak	dežak	cežak	pežak	čežak	sežak	bežak	đežak	čežak	kežak	režak	zežak	fežak	džežak	šežak	gežak	hežak
	tempo	đempo	cempo	pempo	čempo	sempo	bempo	đempo	čempo	kempo	rempo	zempo	fempo	džempo	šempo	gempo	hempo
	tekst	dekst	cekst	pekst	čekst	sekst	bekst	dekst	čekst	kekst	rekst	zekst	fekst	džekst	šekst	gekst	hekst
	toplo	đoplo	coplo	poplo	ćoplo	soplo	boplo	đoplo	ćoplo	koplo	roplo	zoplo	foplo	džoplo	šoplo	goplo	hoplo
d	danas	tanas	banas	đanas	ranas	canas	zanas	panas	ćanas	džanas	ganas	nanas	lanas	janas	sanas	vanas	čanas
	dobar	tobar	bobar	đobar	robar	cobar	zobar	pobar	ćobar	džobar	gobar	nobar	lobar	jobar	sobar	vobar	čobar
	dašak	tašak	bašak	dašak	rašak	cašak	zašak	pašak	čašak	džašak	gašak	našak	lašak	jašak	sašak	vašak	čašak
	devet	tevet	bevet	đevet	revet	cevet	zevet	pevet	ćevet	dževet	gevet	nevet	levet	jevet	sevet	vevet	čevet
k	kamen	pamen	ćamen	gamen	hamen	tamen	bamen	đamen	čamen	damen	camen	famen	džamen	šamen			
	karta	parta	ćarta	garta	harta	tarta	barta	đarta	čarta	đarta	carta	farta	džarta	šarta			
	kopno	popno	ćopno	gopno	hopno	topno	bopno	đopno	ćopno	dopno	copno	fopno	džopno	šopno			
	korist	porist	ćorist	gorist	horist	torist	borist	đorist	ćorist	dorist	corist	forist	džorist	šorist			
g	gozba	bozba	đozba	kozba	dozba	pozba	ćozba	džozba	hozba	tozba	vozba	ćozba	žozba	njozba	ljozba	rozba	mozba
	gumbi	bumbi	đumbi	kumbi	đumbi	pumbi	ćumbi	džumbi	humbi	tumbi	vumbi	čumbi	žumbi	njumbi	ljumbi	rumbi	mumbi
	goblen	boblen	doblen	koblen	doblen	poblen	ćoblen	džoblen	hoblen	toblen	voblen	čoblen	žoblen	njoblen	ljoblen	roblen	moblen
	gusle	busle	đusle	kusle	dusle	pusle	ćusle	džusle	husle	tusle	vusle	čusle	žusle	njusle	ljusle	rusle	musle